한국소음진동공학회 2014년 춘계학술대회논문집, pp. 329~331

자동차 음질 설계 능동 음질제어

Active Sound Quality Design Based on FXLMS algorithm with New Adaptive Filter

이상권† · 이승민* · 강인득* · 신태진*

Sang-Kwon Lee, Seungmin Lee, Indeug Kang and Taejin Shin

1. 서 론

최근에 자동차의 연비문제가 전 세계적으로 주요한 주제가 되고 있다. 자동차의 NVH는 연비와 상반되어 작용함으로 차량의 소음 진동을 저감하면서 연비를 향상 시키는 기술이 필요하다. 일반적으로 소음 저감을 위해서 질량의 증가를 요구함으로 고전적인 방법 보다 전자제어를 이용한 능동 소음저감 기술이 새로운 대안으로 부각되고 있다. 능동제어는 1936년도 위상제어를 기초로 하여 전 1970년대 말부터 차량에 적용하는 연구가 활발히 진행되었다 [1]. 대부분의 기술이 LMS 알고리즘에 기초로 하고 있다 [2]. 이후에 많은 발전을 거듭하여 실제 차량에 탑재하는 예제도 많이 있었다. 그러나 실제 차량에 적용하는 기술에 있어서는 양산품질의 신뢰성과 원가에 증가에 봉착되어 어려움이 존재하고 있었다.

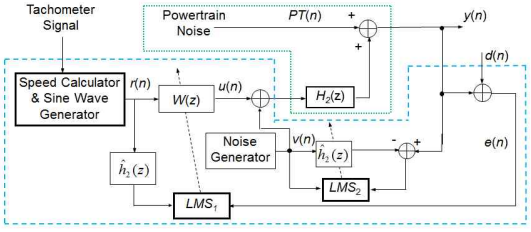

Fig.1 Active noise control flow diagram

실제 차량에 적용하려면 은 증폭기, 필터, 마이크로폰, 등 고가의 장비가 차량의 제작 원가를 엄청나게 증가시킨다. 따라서 저가의 차량에 적용은 어렵고 고급자동차에 적용해야하는데 고급자동차는 기존의 방법으로 진동소음제어가 가능했다. 따라서 약 30년이 넘는 기간 동안 기술개발은 충분히 이루어져 있으나 원가 문제가 가장 근본 문제이고, 그럼에도 불구하고 학술적으로는 매우 흥미가 있고, 학생들 교육용으로 충분히 매력적이었다. 또 다른 문제는 기술적인 문제로 30년동안 지속적으로 차량운전 중에 발생되는 다양한 운전 패턴에서 능동적으로 소음을 제어하려면 무수한 경우에 안전적으로 소음제어가 되어 발산하는 형태가 없어야한다. 이것을 위해서는 안정적인 알고리즘의 개발이 필요한데 새로이 개발되는 대부분의 능동제어 알고리즘은 성능이 증가하는 반면 안정적 (Robust)이지 못하여 실제 적용되는 것은 LMS 알고리즘에 기초한 FX LMS 알고리즘이다. 이러한 두 가지 문제를 해결하기 위해서 약 30년간 지속적인 노력 결과 값싼 마이크로폰, 그리고 차량 오디오 시스템을 활용한 증폭기, 및 기타 필터의 제거 등으로 제조원가가 획기적으로 감소하였다. 또한 최근에 연비 문제가 핫 이슈로 대두되면서 고급차종에 원가가 다소 증가해도 차량 무게를 저감하는 방향으로 능동제어가 적용되고 또한 능동음질제어까지 발전하는 단계에 있다. 능동 음질제어는 불필요한 소음은 줄이고 사람이 선호하는 음질은 제작하여 차량의 실내에서 발생하도록 하는 것이다.

Fig.1 은 자동차의 엔진에 의해서 발생되는 실내소음을 제어하고 원하는 소음을 발생하기 위한 능동음질제어시스템의 흐름도이다. 능동음질제어를 위해서 기존 시스템에 선호음 (desired sound) d(n)를 추가 한 것으로 command LMS 알고리즘이라 불린다. 이러한 시스템은 최근에 BOSE와 같은 오디오 회사에서 제품화 하여 제공하고 있다. 그러나 알고리즘을 하드웨어 하는 과정에서 선정해야하는 parameter 가 많음으로 기술 용역으로 진행하고 있

† 교신저자; 정회원, 인하대학교
E-mail : sangkwon@inha.ac.kr
Tel :032-860-7305, Fax :032-868-1716
* 인하대학교 일반대학원 기계공학과

다. 최근에는 현대차에서 모비스와 연계한 오디오 시스템을 현대차에 탑재하고 있다.

2. 2장 능동음질제어

2.1 Notch 능동필터 이용 FXLMS

여전히 능동제어에 많이 사용되는 알고리즘은 자동차의 회전수를 받아서 진행함으로 회전수가 급격히 변화하는 동안에 제어 성능이 빠르게 수렴하지는 못한 것 같다. 고정 회전수를 사용하며 이것을 이용하여 식(1) 에서 보여주는 기본음 (reference signal)을 이용함으로 변화하는 진폭변조, 주파수변조를 급격히 따라 가는데 한계가 존재한다.

$$r(n) = \sum_{i=1}^{N} a_i \sin(2\pi n f_i / f_s) \qquad (1)$$

또한 음질설계에 사용되는 식(2) 에 기초한 선호음 (desired sound) 역시 동일한 문제를 안고 있다.

$$d(n) = \sum_{i=1}^{N} d_i \sin(2\pi n f_i^E / f_s) \qquad (2)$$

기존의 FXLMS는 결국 고정 회전수에는 제어가 매우 잘 된다. 이러한 고정 회전수를 사용하는 것은 Notch adaptive filter 및 Leaky adaptive filter를 FXLMS 에 적용한 것이다. Fig.2 는 고정 회전수 2100rpm 에서 이들 필터를 적용하여 능동 소음제어와 능동 음질 제어를 한 예제를 보여준다. [3].

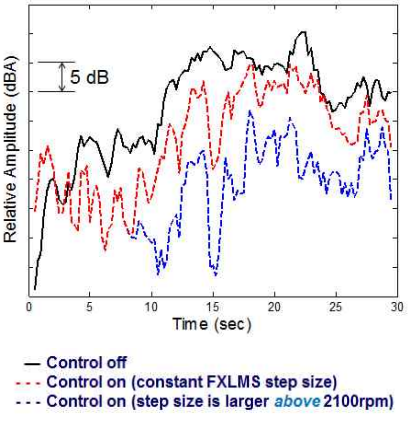

Fig. 2 Active noise control of internor noise based on Leaky adaptive filter of the FXLMS.

동일한 제어알고리즘을 자동차의 음질 제어에 적용하기 위해서 Fig.1에서 보여주는 command LMS 알고리즘을 적용한 것이 Fig.3과 같다.

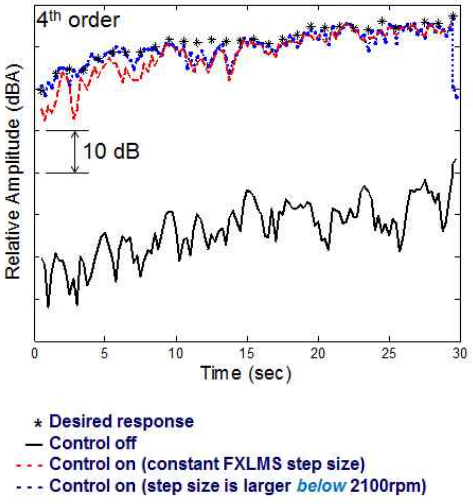

Fig. 3 Active noise control of internor noise based on Leaky adaptive filter of the command FXLMS.

2.1 New 능동필터 이용 FXLMS

고정회전수에서의 자동차의 소음제어와 음질제어는 기존 능동필터를 이용하여 Fig 2와 Fig 3에서 잘 구현될 수 있다. 그러나 엔진 회전수가 변하는 경우에는 엔진속도가 급격히 변하는 경우에는 이러한 변화에 잘 적응하는 알고리즘이 필요하다. 본 연구에는 이러한 능동 필터를 개발하여 차량의 실내소음 제어와 음질을 구현하였다. Fig. 4 는 차량 속도가 급가속으로 변하면서 엔진의 회전수 변화에 따른 실내소음의 능동제어 대한 실험 장치이며 Fig.5 와 Fig.6 은 실험결과 이다. Notch 및 Leaky 능동 필터는 급격한 변화에 대응하지 못 함고 있음을 보여준다. Fig.5 는 Overall 이고 Fig.6 은 2nd order에 대한 것이다. 두 가지 실험결과는 실제 차량 주행시 측정된 결과이다. 이러한 New 능동 필터를 이용한 능동 음질 제어는 식(2)를 사용하여 선호음을 제작하여 입력하면 소비자가 원하는 실내음질 구현이 가능하다. 음질 설계부분은 앞서 출판된 논문 [4]에서 다양하게 제작 가능하다.

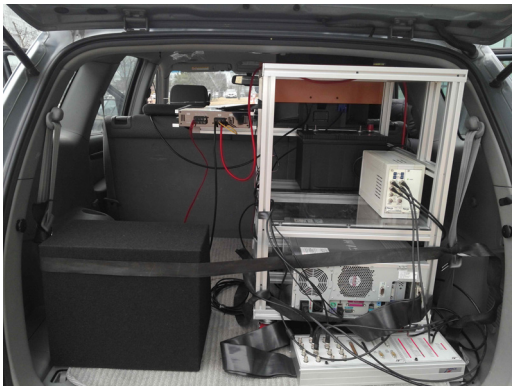

Fig.5 Set up for active interior noise control Instrument based on new adaptive algorithm of the FXLMS

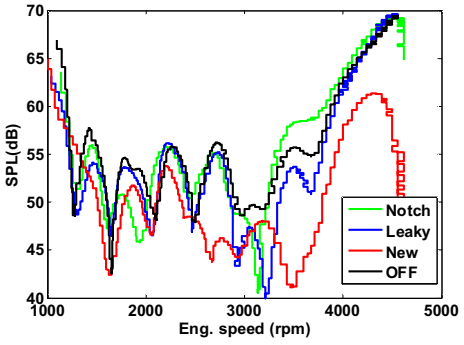

Fig.6 Active interior noise control based on new adaptive algorithm of the FXLMS

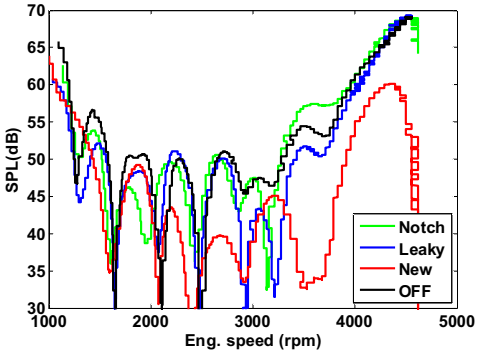

Fig.6 Active interior noise control bsed on new adaptive algorithm of the FXLMS

3. 결 론

본 연구는 FXLMS 기초한 능동소음제어에 관해서 설명하고 현재까지의 동향과 새로운 개념의 능동필터에 대해서 설명하였다. 새로운 개념의 능동제어는 주행 중 급가속시 능동적으로 소음제어가 가능하도록 한 알고리즘을 개발 하였다.

후 기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (No. 2010-0014260)